

УДК 630*812:666.974

ВЛИЯНИЕ ВОДЫ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

¹Т. Н. Стородубцева, ²Д. С. Григорьев

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова»,

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет»

Email: tamara-tns@yandex.ru, griiya@mail.ru

Лесовозный транспорт является важной составной частью лесозаготовительного производства. Эффективность его работы определяется наличием и качественным состоянием лесовозных автомобильных и железных дорог.

Мировая практика показывает, что наиболее распространенным материалом, в частности для изделий транспортного строительства, является древесина. Так, шпалы на ее основе составляют до восьмидесяти процентов от их общего числа, являясь в то же время наименее долговечными.

Проблему дорожного строительства в лесу и особенно в районах России, где отсутствуют или имеются незначительные запасы прочных каменных материалов, можно решить за счет широкого использования композиционных материалов стекловолоконистых, древесностекловолоконистых и древесноцементобетонных, полученных на основе отходов лесного комплекса – техногенных продуктов лесного комплекса, химической промышленности и местного растительного сырья, исходные компоненты которых отличаются по своим генезису и свойствам, применив для этой цели современные гидрофобизирующие и (или) уплотняющие структуру бетона добавки, специальную защиту древесины, позволяющую исключить или минимизировать взаимное отрицательное влияние основных компонентов этих материалов [1-4]. Железобетон, применяемый для аналогичных целей, наиболее доступен для решения проблемы дефицита древесины, практически равен ей по начальной стоимости и более долговечен, но при этом, как правило, не учитываются экономические потери, которые складываются из физико-технических и механических недостатков этого материала – большой массы, хрупкости и жесткости, требующих применения демпфирующих прокладок, а также возможности расшатывания закладных болтов крепления рельсов к шпалам, приводящей к авариям на транспорте.

Основным фактором, ограничивающим широкое применение сборного железобетона при строительстве автомобильных дорог, является дефицитность качественного крупного заполнителя, стальной арматуры и, конечно, высокая стоимость этих материалов, в том числе цемента. Применение силикатного и мелкозернистого бетонов не решает полностью данную проблему, лишь немного снижая цену плит kolejных покрытий. На стоимость дорожного покрытия этого вида сильно влияет и сложная конструкция стыков, связанная с устройством болтовых, сварных или основанных на их сочетаниях соединений.

Создание эффективных композитов для специальных конструкций и изделий на основе отходов лесного комплекса, является важной хозяйственной задачей, так как снижает стоимость строительства, повышает надежность, улучшает экологию. При этом используются входящие в состав композитов материалы, дополняющие друг друга по различным комплексам свойств.

К этим конструкциям и изделиям относятся: конструкции верхних покрытий дорог метрополитенов, лесовозных и трамвайных путей, переездов, платформ, покрытия полов, фундаменты и т. д.

Важнейшим при решении данной задачи являлось обеспечение совместной работы компонентов различной природы, например, таких, как полимерные смолы, стекловолокно, древесина, цемент и др.

Современные технологии композитов требовали учета процессов и явлений, протекающих на границах раздела фаз, способствующих коренному изменению свойств межфазных поверхностей и, соответственно, структуры и свойств композита в целом.

Использование в композиционных материалах различных видов древесных отходов является весьма актуальным на данный момент. Нами исследованы зависимости основных механических характеристик полимерцементной матрицы композиционного материала от содержания в ней структурообразующих компонентов древесного композиционного материала – модифицирующих наполнителей и армирующих заполнителей в виде стеклосетки и кусковые отходы переработки древесины – щепы, которые вводили в ее состав вначале порознь, а затем одновременно. В подавляющем большинстве случаев эти зависимости были представлены графоаналитическими моделями в виде полиномов третьей степени и построенными с их использованием кривыми, что подтверждалось минимальными значениями сумм квадратов отклонений и возможностью количественно и качественно оценить физический смысл процессов при

формировании микро- и макроструктуры, включая армирование, композиционного материала (КМ) [5-7].

По сути КМ представляют собой термодинамические неравновесные системы, состоящие из двух или более компонентов, отличающихся по химическому составу, физико-механическим свойствам и разделенных в материале четко выраженной границей. Каждый из компонентов вводится в состав, чтобы придать ему требуемые свойства, которыми не обладает каждый из компонентов в отдельности. Комбинируя объемное соотношение компонентов, можно получать материалы с требуемыми характеристиками.

Так, свободный член полиномов представляет собой значение характеристики полимерцементной матрицы, снижение ее величины в начале наполнения – нарушение ее структуры и появление очагов концентрации напряжений, последующее повышение – оптимизация структуры нового композита [8, 9].

Таким образом:

– введение в базовый состав полимерцементной матрицы графитовой и пиритовой муки повышает прочностные и упругие характеристики КМ, а также водостойкость, однако увеличение содержания графитовой муки в смеси приводит как бы к "смазке" частиц структуры отвержденного композита, их «скольжению» под нагрузкой. Такой же эффект наблюдается и при введении глицерина/

– роль армирующего заполнителя – щепы – заключается в повышении изгибной прочности древесного полимерцементного КМ и снижении его массы. С этим связана необходимость ее высушивания до влажности 7-8 %, что, кроме этого, обеспечивает пропитку древесины полимером, который, проникая в поры древесины в процессе отливки, отверждается в ней, защищая от гниения.

В результате исследований выявлено наличие синергетических эффектов, обеспечивающих формирование прочной структуры конечных композитов; введение модифицирующих и армирующих компонентов в состав полимерной песчаной матрицы, а также их гидрофобизация, повышение прочности при изгибе, почти в два раза, предельная растяжимость в двадцать раз и снижение величины модулей упругости материала и его массы в 1,5-2,0 раза [7].

Для увеличения характеристик изгиба предлагается применять армирующие каркасы из древесины любых пород. Прокладки выполняют в деревянном каркасе ту же роль, что наклонная стальная арматура в железобетонных элементах, т. е. они должны препятствовать возникновению трещин в направлении

главных растягивающих напряжений, возникающих в элементах конструкций из древесного полимерпесчаного КМ под действием технологических и эксплуатационных факторов [10].

В связи с этим, были проведены экспериментальные исследования по определению упругих характеристик древесины некоторых лиственных и хвойных пород с учетом анизотропии ее свойств на сжатие вдоль и поперек волокон, а также на статический изгиб.

По полученным результатам с использованием ПЭВМ были построены графики зависимости пределов прочности от влажности образцов, показатели пределов прочности можно сравнивать только при одинаковой влажности древесины. Кроме влажности на показатели механических свойств древесины оказывает влияние и продолжительность действия нагрузок [11].

Наибольшими пределами прочности по сравнению с другими породами обладают образцы лиственницы, а наименьшими ели (при влажности 12 %); наибольшими – образцы дуба, наименьшими – липы, ели и сосны (при влажности более 30 %). С увеличением содержания связанной воды в древесине, жесткость ее снижается.

Сделав анализ зависимости предела прочности образцов древесины при сжатии вдоль волокон и условного предела прочности древесины при сжатии поперек волокон от влажности образцов, из которых следовало, что пределы прочности резко уменьшаются при увеличении влажности образцов древесины с 12 % до 45-50 %. Дальнейшее увеличение влажности слабо влияет на изменение этой характеристики, нет смысла длительное время выдерживать образцы в воде с целью определения пределов прочности при сжатии вдоль и поперек волокон. Достаточно лишь выдержать их в воде в течение 2 ч до предела насыщения водой 40-45 % и провести испытания.

Далее были определены модули упругости образцов древесины при статическом изгибе [12], выдержанных в воде до тех пор, пока образцы не набрали 50 % влажности, после чего эта величина практически стабилизируется. Посредством пакета для всестороннего статистического анализа Statistica 8.0 найдена модель одной из кривых графика зависимости E-W и определена ее статистическая значимость.

Получены итоги регрессии первой, второй и третьей степени для зависимой переменной E: каждая последующая лучше предыдущей (ошибка прогноза уменьшается). Значения коэффициентов множественной детерминации позво-

ляют сделать вывод о высокой (более 90 %) детерминированности результативного признака E в модели с факторным признаком W .

Регрессионная модель одной из кривых графика зависимости $E-W$ позволяет определить любое значение модуля упругости E в интервале наших испытаний (степень полинома – третья).

Найденные коэффициенты регрессионной модели статистически значимы и надежны, что позволило считать эту конкретную древесину (образцы изготовлены из древесины, произрастающей на территории Воронежской области) действительно ортотропным телом и использовать полученные постоянные в обобщенном законе Р. Гука при определении толщины полимерной оболочки из древесного полимерцементного композиционного материала, призванной защищать ее от проникновения воды [13].

Библиографический список

1 Jankauskaite, V. Polyethylene terephthalate waste recycling and application possibilities : A review [Text] / V. Jankauskaite, G. Macijauskas, R. Lygaitis // Medziagotyra. – 2012. – no. 14. – pp. 119-127.

2 Стородубцева, Т. Н. Принципы обеспечения совместимости древесного наполнителя и полимера в композите [Текст] / Т. Н. Стородубцева, А. А. Аксомитный // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 12, ч. 1. – С. 41-46.

3 Rahman, K.-S. Flat-pressed wood plastic composites from sawdust and recycled polyethylene terephthalate (PET) : Physical and mechanical properties [Text] / K.-S. Rahman, M. N. Islam, M. M. Rahman, M. O. Hannan, R. Dungani, H. P. S. A. Khalil // SpringerPlus. – 2013. – no. 2. – pp. 1-7.

4 Стородубцева, Т. Н. Композиционные материалы как один из способов решения проблемы реализации отходов лесной промышленности [Текст] / Т. Н. Стородубцева, А. А. Аксомитный, М. В. Елфимова // Воронежский научно-технический вестник. – 2014. – № 3 (9). – С. 79-83.

5 Стородубцева, Т. Н. Увеличение роста эффективности производства изделий с использованием древесных композитов [Текст] / Т. Н. Стородубцева, А. А. Аксомитный // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8, ч. 7. – С. 1550-1554.

6 Патент № 2215705 РФ. Состав для композиционного материала [Текст] /

В. И. Харчевников, Т. Н. Стородубцева, Ю. А. Репяков ; Воронеж. гос. лесотехн. акад. – № 2001110516 ; заявл. 17.04.2001 ; опубл. 20.11.2003, Бюл. № 31. – 9 с.

7 Стородубцева, Т. Н. Строительные древесностекловолокнистые композиционные материалы для изделий специального назначения [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.05 / Т. Н. Стородубцева ; Гос. образоват. учрежд. высш. проф. образов. "Воронежский государственный архитектурно-строительный университет". – Воронеж, 2005. – 400 с.

8 Использование полинома третьей степени при проектировании оптимального состава полимербетона ФАМ [Текст] / Т. Н. Стородубцева, В. И. Харчевников, Л. Н. Стадник, С. В. Назаров, В. В. Алырщиков. – М., 1989. – 10 с. ; eLIBRARY. – Деп. в ВНИИС 04.02.1989, № 9224 ; опубл. 01.04.89, БУДР. – Вып. 4.

9 Discontinuous cellulose fiber treated with plastic polymer and lubricant : pat. US 3943079 C 08 K 7/00/ P. Named. ; assignee : Monsanto Company, St. Louis, MO (US). – № 05/415519 ; filling date 15.03.1974, publication date 09.03.1976. – 9 p.

10 Стородубцева, Т. Н. Формирование механических характеристик и макроструктуры композита в зависимости от синергетических эффектов взаимодействия его компонентов [Текст] / Т. Н. Стородубцева. – «Лесотехнический журнал», Воронеж. – 2013. – № 4(12). – С. 134-138.

11 Стекловолокнистые полимербетоны из древесных отходов [Текст] / В. И. Харчевников, Л. Н. Стадник, О. П. Плужникова, С. Ю. Зобов, Т. Н. Стородубцева // Лесная промышленность. – 1993. – № 3. – С. 19.

12 Стородубцева, Т. Н. Возможность использования в композиционных материалах отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности [Текст] / Т. Н. Стородубцева // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы Международной науч.-техн. конф., Вологда, 3-4 декабря 2013 г. / отв. ред. Р. В. Дерягин ; Вологод. гос. ун-т. – Вологда : ВоГУ, 2014. – С. 93-95.

13 Стородубцева, Т. Н. Сопротивление материалов [Текст] : рек. УМО РАЕ по клас. унив. и техн. образованию в качестве учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся по направлениям подгот. : 151000.62 – «Технол. машины и оборудование», 190600.62 – «Эксплуатация трансп.-технол. машин и комплексов», 190700.62 – «Технология транспорт. процессов», 250400.62 – «Технология лесозаготов. и деревоперераб. пр-в» / Т. Н. Стородубцева ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Фед. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Воронеж. гос. лесотехн. акад.". – Воронеж, 2013. – 224 с.